

529548

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年12月2日 (02.12.2004)

PCT

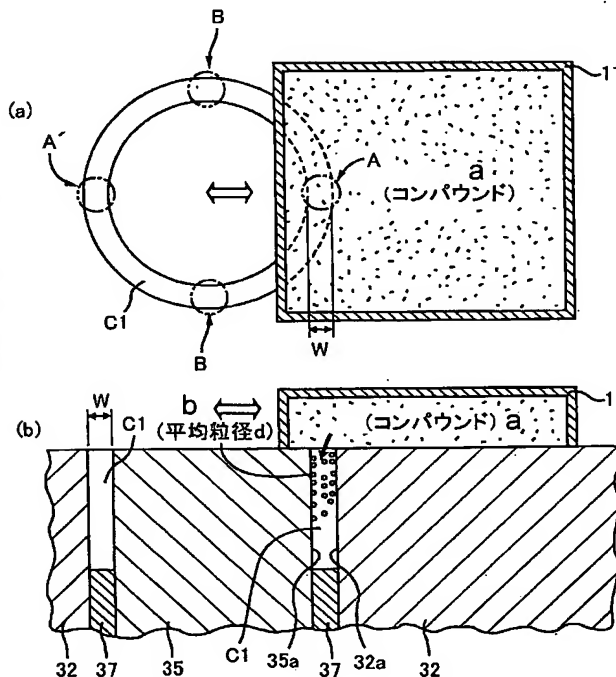
(10) 国際公開番号
WO 2004/105062 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01F 41/02, 1/08, B22F 3/02 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006013 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 本蔵 義信 (HONKURA, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 御手洗 浩成 (MITARAI, Hironari) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 野口 健児 (NOGUCHI, Kenji) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 松岡 浩 (MATSUOKA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP).
(22) 国際出願日: 2004年4月26日 (26.04.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2003-142257 2003年5月20日 (20.05.2003) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 愛知製鋼株式会社 (AICHI STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP). (74) 代理人: 大川 宏 (OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目2番5号 Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING BONDED MAGNET

(54) 発明の名称: ボンド磁石の製造方法



a... (COMPOUND)

b... (AVERAGE PARTICLE SIZE d)

(57) Abstract: A method for producing a bonded magnet characterized by comprising a measuring/placing step of measuring/placing a compound made of an anisotropic magnetic powder and a thermosetting resin in a cavity the wall temperature of which is under the softening point of the thermosetting resin, an orienting step of orienting the anisotropic magnetic powder by applying an aligning magnetic field while heating the measured and placed compound or a compound powder formed body above the softening point and heating the thermosetting resin to a soft or melted state, and a dense bonding step of densely bonding the oriented anisotropic magnetic powder with the thermosetting resin into a bonded magnet formed body by thermocompression-forming the anisotropic magnetic powder and the thermosetting resin after the orienting step. By the measuring/placing step, the compound does not adhere to the wall of the cavity and is placed smoothly.

(57) 要約: 本発明のボンド磁石の製造方法は、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、秤量充填されたコンパウンドまたはコンパウンドの粉末成形体を軟化点以上に加熱し熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、配向工程後に、異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、配向した異方性磁石粉末

を熱硬化性樹脂によって緻密に結合させたボンド磁石成形体とする緻密結合工程とを備えることを特徴とする。本発明の秤量充填工程によって、コンパウンドがキャビティの壁面に付着等せずにスムーズに充填される。



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

ボンド磁石の製造方法

技術分野

本発明は、ボンド磁石の製造方法に関するものであり、特に、磁気特性に優れた薄肉ボンド磁石等に好適な製造方法に関するものである。

背景技術

各種アクチュエータやモータ等の高性能小型化の要請により、小型で強力な永久磁石が求められている。このような永久磁石には、焼結磁石等もあるが、最近では、成形性、物理的性質、取扱性等に優れたボンド磁石が多用される。ボンド磁石は、等方性磁石粉末や異方性磁石粉末を樹脂等で固めたものであるが、高い磁気特性が求められる場合には、異方性磁石粉末が多用される。

異方性磁石粉末からなるボンド磁石の場合、磁場中で十分に配向させて緻密な成形体とすることがその磁気特性を高める上で重要である。このようなボンド磁石の製造方法を開示したものとして、例えば、下記特許文献 1 または特許文献 2 がある。

特許文献 1 には、150℃に加熱した同一成形金型中で、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを給粉、配向および圧縮成形する一段成形方法が開示されている。

特許文献 2 には、特許文献 1 の製造方法を大きく 2 つに分けて、150℃に加熱した第 1 成形金型中で給粉、配向および軽い圧縮成形を行って予備成形体を製造する予備成形工程と、この予備成形体を 150℃に加熱した第 2 成形金型中で強く圧縮成形して緻密化する本成形工程とからなる二段成形方法が開示されている。

特許文献 1：特開平 8－31677 号公報

特許文献 2：特開平 10－22153 号公報

特許文献 3：特開平 9－312230 号公報

発明の開示

(解決課題)

ところで、上記いずれの場合も、150℃に加熱された成形金型のキャビティへコンパウンドを直接給粉（秤量、充填）している。150℃という温度は、上記特許文献からも明らかなように、コンパウンドの熱硬化性樹脂が溶融する温度である。このような高温となった成形金型へコンパウンドを給粉すると、コンパウンド中の熱硬化性樹脂は少なくとも部分的に軟化または溶融して、多くのコンパウンドは成形金型のキャビティ壁面に付着してしまう。このようなコンパウンドの壁面付着が生じると、コンパウンドの充填通路が狭まり、所定量のコンパウンドがキャビティ内へ十分に充填され難くなる。そして、製品毎にコンパウンドの秤量がばらつき、一つの製品中でもコンパウンドの充填が不均一となる。これは、ボンド磁石の磁気特性の低下や不均一となって現れる。特に、このような現象は、キャビティの入口開口が狭い薄肉ボンド磁石を製造する場合に生じ易い。

さらに、上記特許文献3には、異方性磁石粉末と樹脂との混合物を、その樹脂の軟化開始温度以下で1次成形した後、その1次成形体を前記樹脂の軟化開始温度以上、硬化開始温度以下の加熱磁場中で2次成形して2次成形体を得る2段成形方法が開示されている。そして、得られた2次成形体を単に加熱処理（キュア処理）することで最終的に硬化させている。

ところが、この特許文献3では、その2次成形中に磁場配向と加圧成形とを同時に行っているため、磁場配向の立場から観れば成形圧力が高すぎ、加圧成形という立場から観れば成形圧力が低い。このため、異方性磁性粉末が十分に配向されず、得られた2次成形体の密度も低くなり、硬化処理後のボンド磁石の磁気特性も異方性磁性粉末の磁気特性が十分に発揮されずに不十分なものとなる。

本発明は、このような事情に鑑みて為されたものであり、均一で安定した磁気特性が得られるボンド磁石の製造方法を提供することを目的とする。

(解決手段および作用効果)

本発明者はこの課題を解決すべく鋭意研究し、試行錯誤を重ねた結果、先ず、キャビティへコンパウンドを給粉する際に、そのキャビティの壁面温度を室温付近にすると、コンパウンドがその壁面に付着せず、キャビティへ均一に充填され

ることを新たに知見し、これを発展させて本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明のボンド磁石の製造方法は、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が該熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、該秤量充填されたコンパウンドまたは該コンパウンドの粉末成形体を該軟化点以上に加熱し該熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して該異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、該配向工程後に、該異方性磁石粉末および該熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、該配向した異方性磁石粉末を該熱硬化性樹脂によって緻密に結合させたボンド磁石成形体とする緻密結合工程と、を備えることを特徴とする。

本発明の場合、秤量充填工程で、壁面温度がコンパウンド中の熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティへ、コンパウンドを秤量、充填している。これにより、秤量充填工程で、コンパウンド中の熱硬化性樹脂が軟化せず、コンパウンドがキャビティの壁面に付着等するのが抑止される。その結果、コンパウンドのキャビティへの充填がスムーズになされ、その充填量も安定し、さらに、キャビティ中におけるコンパウンドの分布もほぼ均一となる。従って、密度や磁気特性に疎密がなく、形状精度に優れた高品質のボンド磁石が歩留り良く安定して量産できる。

ここで、熱硬化性樹脂の「軟化点」とは、基本的に加熱履歴を受けていない熱硬化性樹脂のバージン材の軟化点を意味する。加熱履歴を受けた後は、その後の軟化点を意味する。この軟化点は、熱硬化性樹脂の種類（分子構造、組成等）から一義的に定るものである。コンパウンドは、異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂以外に、硬化剤、硬化促進剤、界面活性剤等を含有していることも多いが、上記軟化点は使用する熱硬化性樹脂単体（モノマー）での軟化点である。

キャビティの壁面温度の一例を挙げると、例えば、室温とすれば良い。また、熱硬化性樹脂の種類にも依るが、ボンド磁石に使用される熱硬化性樹脂の軟化点は通常 90℃前後であるため、例えば、壁面温度を 30～60℃程度にすれば十分である。

なお、この軟化点に替えて、「付着開始温度」を使用することもできる。付着開始温度は、コンパウンドがキャビティの壁面に付着し始める温度である。上記

軟化点は、この付着開始温度を指標するものといえる。但し、厳密にいうと、付着開始温度が必ずしも熱硬化性樹脂の種類によって一律的に規定されるとは限らず、また、軟化点に一致するともいえない。この付着開始温度を具体的に特定するためには、煩雑な試験等を実際に行わなければならないこともあり得る。そこで、本発明ではそのような煩わしさ回避するために、壁面温度を上記「軟化点」を基準に考えることとした。

キャビティの壁面温度の測定位置は特に限定されない。壁面全体がほぼ均一な温度となっているのが通常だからである。もっとも、コンパウンドのキャビティへの充填に大きく影響するのは、キャビティの入口開口（例えば、上部開口）付近の温度である。そこで、敢ていうなら、壁面温度はキャビティの入口開口付近の温度を指標とすれば良い。

本発明のボンド磁石の製造方法は、大きく分けて秤量充填工程と、配向工程と、緻密結合工程とからなる。これらの各工程は、一つの成形機中で行っても、適宜、2つまたは3つの成形機中で行っても良い。もっとも、成型型の温度管理の簡便性、成型型の材質選択の自由度、配向磁場装置や加圧装置の稼働率等の観点から、上記3工程は、それぞれ専用の成形機中で別々に行われるのが好ましい。これにより、例えば、成型型の温度を工程毎に変化させたりする必要もなく、成型型の高寿命化等も図れる。また、当然ながら、上記3工程を別々の成形機中で行うため、その分、各成形機の稼働率も向上して、短いタクトでボンド磁石が量産される。特に、一工程あたりの生産タクトや各工程で必要とする成形機の数进行调整することで、各成形機をフル稼働状態とでき、一層量産性を向上させ得る。そして、本発明によれば、このような量産時でも、磁気特性および形状精度等に優れた安定した品質のボンド磁石が、歩留り良く（不良率が少なく）効率的に得られる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の秤量充填工程に使用した第1成形装置の概略断面図である。

図2は、その第1成形装置のキャビティ周辺を拡大した拡大断面図である。

図3は、本発明の配向工程に使用した第2成形装置の概略断面図である。

図4は、本発明の緻密結合工程に使用した第3成形装置の概略断面図である。

図5は、ラジアル配向させたリング状薄肉ボンド磁石を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

A. 実施形態

実施形態を以下に挙げ、本発明をより詳しく説明する。

(1) 秤量充填工程

秤量充填工程は、コンパウンドをキャビティに所定量充填する工程である。コンパウンドの秤量は、その充填時のすり切り等によって行われる。本発明の場合、このキャビティの壁面温度が熱硬化性樹脂の軟化点未満であり、充填性に優れるのは、前述した通りである。

ところで、本発明の効果がより顕著に発揮されるのは、コンパウンドが充填されるキャビティの入口（開口）が狭い場合である。より具体的には、そのキャビティの最小幅（W）が、コンパウンドの平均粒径（d）に対する相対幅比（ W/d ）で1～15程度の場合である。この上限が10、9、8、7、6となる程、本発明の効果が際立つ。また、その下限は、ボンド磁石の現実的な厚みやコンパウンドの充填性を考慮して、2、3、4、5程度とするのが好ましい。

なお、相対幅比が上記範囲よりも大きい場合であっても、コンパウンドの充填性の向上等、本発明の効果は勿論ある。但し、相対幅比が相当大きい場合、キャビティの壁面温度が軟化点以上でコンパウンドが壁面に付着するようなときでも、コンパウンドの充填通路が多かれ少なかれ確保され易い。このため、コンパウンドの充填時または充填後に、適宜、加振等を施すことで、コンパウンドはキャビティへほぼ均一に充填され得る。従って、本発明は、相対幅比が上記のように小さい範囲で特に有効である。

ところで、上記キャビティの最小幅は、コンパウンドが充填される方向をも考慮して決定するのが好ましい。つまり、コンパウンドの充填方向に沿った最小幅を、上記最小幅（W）とするのが良い。コンパウンドの充填方向に対向するキャビティの壁面にコンパウンドが付着し易く、そこでコンパウンドの流れが阻害され易いからである。例えば、前記秤量充填工程が、前記コンパウンドを内部に蓄えて底部が開いた粉箱を前記キャビティの開口上を水平移動する工程である場

合、前記最小幅（W）は、この粉箱の移動方向（充填方向）に沿って測定したものとすれば良い。例えば、そのキャビティが有底円筒状の場合、キャビティの内周の半径差が最小幅（W）となる。なお、キャビティの形状は、最終的なボンド磁石の形状に応じて決定される。その形状は、上記円筒状の他、板状、ブロック状、円弧状等何れでも良い。

コンパウンドを秤量充填した同一の成型型中で後続の配向工程等を行う場合は別として、配向工程等を他の成型型中で行う場合、その秤量充填したコンパウンドを配向工程等を行う成型型へ移送することが必要となる。この際、充填時と同じコンパウンドの状態では意味が無い。そこで、一般的な粉末成形と同様に、秤量充填したコンパウンドをキャビティ中で軽く圧縮成形して粉末成形体（グリーンコンパクト、素形体、ブランク成形体）等にすると、上記移送を行う上で便利である。すなわち、秤量充填工程は、単なるコンパウンドの秤量やキャビティへの充填に留まらず、前記キャビティに充填されたコンパウンドを圧縮成形して前記配向工程に供される前記粉末成形体とする粉末成形工程を含むものであると好適である。この粉末成形体の成形度合は、圧縮されたコンパウンドが崩壊せず、取扱いできる程度であれば良い。この成形圧力は、例えば、70～294 MPa程度とすれば良い。

この粉末成形体の秤量充填工程から配向工程への移送は、手作業による他、治具（カセット等）を介して行っても良い。治具を介することで、粉末成形体の形状保持性が良く、また、自動化等にも適する。なお、このような移送治具の使用は、上記場合に限らず、配向工程から緻密結合工程へ予備成形体を移送する場合でも同様である。

（2）配向工程

配向工程は、秤量充填工程後のコンパウンド等を加熱して熱硬化性樹脂を溶融状態等として磁場を印加する工程である。この配向工程により、異方性磁石粉末の各粒子は特定方向に配向して、ボンド磁石の磁気特性が向上する。この配向工程も所定の成型型のキャビティ内で行われる。この成型型は、熱硬化性樹脂の種類および工程時間等に応じて、所定の温度に保持される。その温度は、例えば、120～180℃程度である。

この加熱により、コンパウンド中の熱硬化性樹脂は軟化または溶融して粘性が低下する。異方性磁石粉末はその溶融等した熱硬化性樹脂の流体中にまるで浮遊しているかのような状態となって流動性を増す。そして、この状態で配向磁場が印加されると、異方性磁石粉末は移動、回転等を生じて所定の極性方向に配向する。この配向を効率良く確実にを行うために、少なくとも、熱硬化性樹脂の粘性が最も低下する点で配向磁場が印加されるのが好ましい。

本発明でいう配向工程では、「軟化状態」と「溶融状態」とを厳密に区別していない。要するに、熱硬化性樹脂が加熱されてその粘性が低下し、異方性磁石粉末の回転、移動等が可能な状態となれば十分だからである。勿論、異方性磁石粉末の配向の程度は、印加する配向磁場の強さにも依る。この配向磁場の強さは、熱硬化性樹脂の粘性が適度に低下した状態で印加されるのであれば、例えば、 $320 \sim 800 \text{ kA/m}$ とすれば良い。

なお、熱硬化性樹脂であっても、加熱により、先ず、軟化、溶融し、その粘性が大きく低下して、粘性低下のピークを迎える。その後、そのピークを越えると、分子間の架橋反応が促進され、粘度が低下して硬化する。この硬化により、配向した異方性磁石粉末からなるボンド磁石が得られる。硬化反応の進行する温度で熱硬化性樹脂を加熱する限り、配向工程から後述の緻密結合工程にかけて熱硬化性樹脂の硬化は徐々に進行している。前述の秤量充填工程を軟化点に近い温度で行う場合、その秤量充填工程から熱硬化性樹脂の硬化が進行する場合もある。

このような観点から、各工程を有効に行うには、コンパウンドの加熱温度およびその保持時間を適切に調整して、熱硬化性樹脂の硬化反応を制御することが欠かせない。例えば、配向工程では、前述のように、この硬化反応があまり進行していない段階を利用している。また、後述の緻密結合工程は、熱硬化性樹脂が流動性を失ってはいないが、配向した異方性磁石粉末が圧縮成形によって緻密化した状態が維持される程度に、熱硬化性樹脂が硬化する段階を利用している。

ところで、配向工程を行った同一の成形型中で後続の緻密結合工程を行う場合は別として、緻密結合工程を他の成形型中で行う場合、その配向した異方性磁石粉末等を緻密結合工程を行う成形型へ移送することが必要となる。そこで、秤量充填工程の場合と同様、配向工程の場合も、配向した異方性磁石粉末および熱硬

化性樹脂を加熱圧縮成形して、硬化反応を磁石粉末の配向状態が保存される限度まで進行させて、前記緻密結合工程に供する予備成形体とする予備成形工程を含むものとする。このように予備成形工程で予備成形体を成形することで、配向工程から緻密結合工程への移送が容易となる。

この予備成形工程中の成形圧力は、例えば、147～343MPa程度とすれば良く、前述の粉末成形工程（秤量充填工程）中の成形圧力よりも高く、後続の緻密結合工程中の成形圧力よりも低いのが好ましい。また、異方性磁性粉末の配向から成形へ移行する際には、磁場印加後から少なくとも1秒程度保持した後に行うのが良い。異方性磁性粉末を十分に配向させるためである。

（3）緻密結合工程

緻密結合工程は、配向工程後の異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂を圧縮成形して、配向した異方性磁石粉末を緻密に結合させたボンド磁石成形体とする工程である。この工程により、上記配向工程後の異方性磁石粉末および熱硬化性樹脂の中に存在していた気泡が排出されたり空孔が押潰されたりして、高密度で磁気特性および寸法精度に優れたボンド磁石成形体が得られる。この緻密結合工程も所定の成形型のキャビティ内で行われる。この成形型は、熱硬化性樹脂の種類および工程時間等に応じて、所定の温度に保持される。その温度は、例えば、120～180℃程度である。また、成形圧力は、例えば、686～882MPa程度である。この成形圧力は、前述したように、予備成形工程（配向工程）中の成形圧力よりも高いのが好ましい。

なお、この緻密結合工程により得られたボンド磁石成形体は、熱硬化性樹脂が完全に硬化したボンド磁石であっても良いが、熱硬化性樹脂の硬化が不完全なものであっても良い。熱硬化性樹脂の完全な硬化には長時間を要することから、熱硬化性樹脂の硬化が不完全なボンド磁石成形体を多数まとめて加熱硬化処理（キュア熱処理）をバッチ処理するとより効率的である。

（4）潤滑剤付与工程

本発明は、さらに、前記配向工程前に、前記秤量充填工程後に得られた粉末成形体の少なくとも表面へ潤滑剤を付与する潤滑剤付与工程を備えると好適である。これにより、先ず、配向工程（特に予備成形工程）や緻密結合工程で、異方性磁

性粉末（またはその成形体）と成形型との間での焼付きを防止できる。さらに、潤滑剤付与工程は配向工程前に行われるので、少なくとも成形型の壁面付近に存在するコンパウンド（異方性磁性粉末）の粒子間の摩擦が低減されて、異方性磁性粉末の配向が促進される。このため、一層高く配向した成形体が得られ、ボンド磁石の磁気特性がさらに向上する。勿論、潤滑剤の前記粉末成形体への付与形態、付与時間、その粉末成形体のサイズ等によって、潤滑剤は粉末成形体の表面付近に留まらず、さらにその内部へ含浸し得る。潤滑剤が内部に含浸する程、上述した異方性磁性粉末の配向が一層高まり易い。

潤滑剤が付与される粉末成形体の形状は問わないが、それが薄肉であれば有る程、潤滑剤が短時間で内部まで含浸され易くなる。本発明によると、このような薄肉の粉末成形体を安定した品質で容易に得ることができるので、好都合である。

潤滑剤付与工程の具体的な方法は問わないが、例えば、粉末成形体を潤滑剤中に浸漬（ディップ）したり、粉末成形体へ潤滑剤を噴霧（スプレー）または塗布したりすることで行える。浸漬した場合、短時間で、潤滑剤が粉末成形体へ十分に付与され易い。噴霧等した場合、均一に、潤滑剤が粉末成形体の表面へ付与され易い。

使用される潤滑剤は、粉末成形体への付与性、内部含浸による高配向性等の観点から液状の方が好ましい。一方、粉末成形体（異方性磁性粉末）と成形型（金型）との焼付きを抑止する観点からは、高温域でも焼付き防止効果の高い固体潤滑剤が好ましい。そこで、液状のオイルを分散剤として焼付き防止効果の高い固体潤滑剤を均一に分散させたものを使用すると好ましい。すなわち、前記潤滑剤は、オイル中に固体潤滑剤を混合した混合潤滑剤であると好適である。このとき使用するオイルは、ポリアルキルグリコール、鉱物油等の異方性磁性粉末の磁気特性を劣化させず、配向工程等の高温加熱中（例えば、 $120 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ）でも変質しない化合物が好ましい。また、このとき使用する固体潤滑剤は、無機物でも有機物でも良い。

また、潤滑剤は、揮発性潤滑剤でも良く、例えば、配向工程中に揮発して緻密結合工程で残存していなくても良い。この場合でも、高配向性や予備成形工程中の焼付き防止を図れる。また、その潤滑剤が揮発性オイルと前記固体潤滑剤との

混合潤滑剤である場合、分散剤であるオイルが揮発しても固体潤滑剤は残存するため、配向工程（予備成形工程）や緻密結合工程で焼付き防止効果が得られる。

なお、緻密結合工程後にも残存した潤滑剤は、自然放置やアスピレータなどによる吸引等によって適宜除去可能である。

（５）成形型

本発明のボンド磁石の製造方法は、前述したように、一つの成形型中で行うことが可能である。しかし、量産性等を考慮すれば、各工程を別々の成形型で行うのが効率的である。

すなわち、前記秤量充填工程は、第１成形型で行い、前記配向工程は、該第１成形型とは別の第２成形型で行い、前記緻密結合工程は、該第１成形型および該第２成形型とは別の第３成形型で行うと好適である。

また、各工程毎に専用の成形型を用いることで、成形型の設計自由度や成形型の長寿命化等も向上する。例えば、配向工程は、配向磁場を印加することから、上記第２成形型の少なくとも一部に、透磁率の高い磁性材料の使用が望まれ、実際に純鉄やパーメンジュール等が使用される。このような型材料は、耐摩耗性が比較的乏しく、本来金型材料としては不向きである。しかし、配向工程での成形圧力は前述のように比較的小さいため、型摩耗等はあまり問題とはならない。

逆に、緻密結合工程では、比較的大きな成形圧力が印加されるため、金型寿命が問題となり、実際には超硬合金や工具鋼等の耐摩耗性に優れた材料が使用される。これらの材料は、透磁率があまり大きくないが、そもそも緻密結合工程では配向磁場を印加しなくても良いか印加するにしても弱い配向磁場で良いため、これらの材料で十分である。

さらに、秤量充填工程では、コンパウンドの充填性を向上させるため、残磁等の影響のない非磁性材料を少なくともキャビティの外内周壁面に使用すると好適である。

このように、各工程毎に別々の成形型を使用することで、各工程に適した成形型を設定し易くなる。このため、型寿命が延びて設備費の低減が図られる。勿論、秤量充填工程と配向工程とで成形型を別々にすることで、上述したように、各工程中の温度差が大きい場合の対応も容易となる。

(6) コンパウンド

コンパウンドは、異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とから主になるが、この他、潤滑剤、硬化剤、硬化助剤、界面活性剤等の添加剤も含み得る。前述したコンパウンドの平均粒径は、これらの熱硬化性樹脂等を含めた粒径である。また、平均粒径は、粒度分布に基づく重量平均である。前述の相対幅比が小さいキャビティへコンパウンドを充填するような場合は、篩い分け等によって粒度分布を狭めた（つまり、粒度の揃った）コンパウンドを使用すると良い。

異方性磁石粉末の組成、種類等は限定されず、公知のいずれの磁石粉末をも採用し得る。これらの各磁石粉末の製造方法も問わず、いわゆる急冷凝固法であっても、水素化処理法（d-HDDR法、HDDR法）であっても良い。

さらに、コンパウンド中に含まれる異方性磁石粉末は、単種の磁石粉末みに限られず、複数種の磁石粉末を混合、混練したものであっても良い。異方性磁石粉末は微粒である程、配向工程での移動が可能となり配向し易いが、適宜造粒した磁石粉末を使用することも可能である。

熱硬化性樹脂には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂などがある。これらの熱硬化性樹脂は、異方性磁石粉末の周囲に粉末状に付着していても良いし、異方性磁石粉末の周囲を膜状にコーティングしていても良い。

添加剤には、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸アルミニウム、アルコール系潤滑剤等の潤滑剤、チタネート系もしくはシラン系のカップリング剤、4, 4'-ジアミノジフェニルメタン（DDM）等の硬化剤やTPPS（北興化学工業製の商品名）等の硬化促進剤等があり、これがコンパウンド中に少量添加されていても良い。これらの添加剤により、成形体の離型性、成形タイミングの調整、磁石粉末と熔融樹脂との濡れ性や密着性等が改善される。

異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂との混合割合は、体積比で異方性磁石粉末：80～90体積%、熱硬化性樹脂：10～20体積%程度である。質量比でいえば、異方性磁石粉末：95～99質量%、熱硬化性樹脂：1～5質量%程度である。添加剤は、0.1～0.5体積%または0.2～0.5質量%程度添加すれば良い。なお、上記コンパウンドは、例えば、これらの異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂等を混練機により均一に混合、混練等して得られる。

コンパウンドの平均粒径は、熱硬化性樹脂も含めた粒径であって、 $212\mu\text{m}$ 以下が好ましい。大きすぎると、配向工程中での移動、回転等が困難となり、磁気特性の向上を図り難いからである。その平均粒径の下限は、異方性磁性粉末の組成によって異なるため、一概には特定できない。NdFeB系異方性磁性粉末の場合なら、 $3\mu\text{m}$ 以上とするのが良い。

(7) ボンド磁石

本発明の製造方法により得られるボンド磁石は、その用途、形状、サイズ、磁気特性等を問わない。前述したように、環状薄肉ボンド磁石であっても良いし、円弧状薄肉ボンド磁石でも、板状薄肉ボンド磁石であっても良い。勿論、薄肉には限らない。配向や磁化の方向も、縦方向、横方向、軸方向（アキシアル方向）、径方向（ラジアル方向）等のいずれでも良い。また、サイズも問わないが、配向性が高くなるサイズが好ましい。例えば、ラジアル方向に配向させた環状薄肉ボンド磁石の場合、その径に対して軸方向に長いと、軸方向での配向がバラつく。その際は、軸方向に短くした環状薄肉ボンド磁石を積層して、軸方向に長くしても良い。この場合、特開平11-186027号公報にあるように、配向工程後の成形体を積層して、本成形工程で一体化するのが磁気特性上好ましい。なお、本発明により得られたボンド磁石成形体は、ボンド磁石の用途に応じて適宜、着磁がなされる。

B. 実施例

実施例を挙げて、本発明をより具体的に説明する。

(コンパウンドの製造)

本実施例で使用したコンパウンドは、異方性磁性粉末であるNdFeB系粗粉末とSmFeN系微粉末とをヘンシェエルミキサーで混合したものに、熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂粉末を加えて、バンバリーミキサーにより、 110°C で加熱混練したものである。NdFeB系粗粉末、SmFeN系微粉末およびエポキシ樹脂の配合比は、それぞれ、78質量%、20質量%および2質量%である。このコンパウンドは、NdFeB系粗粉末の周囲にSmFeN系微粉末が存在し、このSmFeN系微粉末とエポキシ樹脂がNdFeB系粗粉末を囲繞したように

なっている。

上記NdFeB系粗粉末およびSmFeN系微粉末は、次のようにして製造した。

(1) NdFeB系粗粉末

原子%で、Nd : 12.5%、B : 6.4%、Ga : 0.3%、Nb : 0.2%、残部Feの組成をもつ合金インゴットに、d-HDDR処理を施した。具体的には、まず、上記組成の合金インゴット(30kg)を溶解・鑄造して製造した。このインゴットに、アルゴンガス雰囲気中で1140~1150℃x40時間の均質化処理を施した。さらに、そのインゴットをジョークラッシャにより平均粒径が10mm以下の粗粉碎物に粉碎した。この粗粉碎物に、次の条件の低温水素化工程、高温水素化工程、第1排気工程および第2排気工程とからなるd-HDDR処理を施した。すなわち、室温、水素圧力100kPaの水素ガス雰囲気下で、各試料合金へ十分に水素を吸収させた(低温水素化工程)。次に、800℃で30kPa(水素圧力)の水素ガス雰囲気下で、480分間の熱処理を施した(高温水素化工程)。引き続き、800℃に保持したまま、水素圧力0.1~20kPaの水素ガス雰囲気下で、160分間の熱処理を施した(第1排気工程)。最後に、60分間、ロータリポンプおよび拡散ポンプで真空引きして、 10^{-1} Pa以下の真空雰囲気下で冷却した(第2排気工程)。

こうして、1バッチ当たり各10kg程度のNdFeB系異方性磁石粉末を得た。得られた異方性磁性粉末の平均粒径を、ふるい分級し、各級の重量を測定しておもみつき平均を求めたところ、平均粒径は106μmであった。

さらに、得られたNdFeB系異方性磁性粉末の表面には、界面活性剤を被覆した。界面活性剤の被覆は、NdFeB系異方性磁性粉末に界面活性剤の溶液を加え、攪拌させながら真空乾燥させて行った(被覆工程)。界面活性剤の溶液は、シラン系カップリング剤(日本ユリカー株式会社製、NUCシリコーンA-187)をエタノールで2倍に希釈したものである。この被覆を施したNdFeB系異方性磁性粉末を本実施例ではNdFeB系粗粉末と呼んでいる。

(2) SmFeN系微粉末

原子%で、Sm : 10%、N : 13%、残部Feからなる市販のSmFeN系

異方性磁石粉末（住友金属鉱山株式会社製）に、NdFeB系粗粉末の場合と同様に界面活性剤を被覆した。この被覆を施したSmFeN系異方性磁石粉末を本実施例ではSmFeN系微粉末と呼んでいる。SmFeN系異方性磁石粉末の平均粒径は2～3 μm である。

（ボンド磁石の製造）

上記コンパウンド（平均粒径 $d = 0.1\text{ mm}$ ）を用いて、最終的に外径 $\phi 30$ x 高さ 20 mm のリング状薄肉ボンド磁石を製造した。これに先立ち、後述の各工程によって着磁前のボンド磁石成形体を製造した。本実施例では、その内径（厚み）を種々変更して、複数種の試験片を試作した。それらの内径は表1に示した。

（1）秤量充填工程

秤量充填工程は、図1に示す第1成形装置30を用いて行った。

この第1成形装置30は、中央に貫通した成形孔33をもつ筒状の成形ダイ32と、この成形孔33の軸芯上方に延びる円柱状の上コア34と、成形孔33の軸芯下方に延びて上コア34の下端面に当接し得る円柱状の下コア35と、上コア34または下コア35の外周面と成形孔33の内周面との間に形成された筒状のキャビティC1の上側に位置する円筒状の上パンチ36と、このキャビティC1の下側に位置する筒状の下パンチ37と、上パンチ36の上端側に固定された上パンチ基部38と、下パンチ37の下端側に固定された下パンチ基部39と、上コア34および下コア35を相互に近接させて加圧するコア駆動装置20と、上パンチ基部38および下パンチ基部39を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置21とからなる。

コンパウンドの秤量およびキャビティC1への充填は次のようにして行った。

上パンチ36および上パンチ基部38と、上コア34とを上方に退避させる。次に、下コア35の上端面が成形ダイ32の上端面と面一かそれよりも僅かに低い状態に保持する。そして、下パンチ37の上端面が成形ダイ32の上端面よりも低くなるように、下パンチ37および下パンチ基部39を下げる。こうして、コンパウンドを充填する有底円筒状のキャビティC1が形成される。この状態を

図2に示す。なお、このキャビティC1の内外径は、表1に示したものと同じである。そして、このときのキャビティC1の容積が、コンパウンドの充填量を決定する。言換えるなら、そのキャビティC1の容積によって充填されるコンパウンド量が秤量される。

次に、図2に示したように、この状態の成形ダイ32等の上面に、コンパウンドの入った粉箱11を配置する。そして、底部が開いた粉箱11を水平移動させる。粉箱11がキャビティC1上に来ると、その底部開口からコンパウンドはキャビティC1へ落下しキャビティC1を充填する。粉箱11は、キャビティC1にコンパウンドが満たされるまでその上を往復動する。そして、最終的にすり切りがなされて、キャビティC1に規定のコンパウンドが充填される。こうして、コンパウンドの秤量、充填が完了する。

本実施例では、成形ダイ32等に加熱ヒータを設けていないので、金型温度は室温（30℃）である。少なくとも、コンパウンドの充填時にコンパウンドの接触する成形ダイ32、下コア35および下パンチ37は室温程度である。このため、充填時にコンパウンド中のエポキシ樹脂は軟化等せず、キャビティC1の壁面32aや壁面35aに付着等することもない。従って、コンパウンドは狭いキャビティC1内にもスムーズに充填される。具体的には、キャビティC1のA部、B部、A'部等のいずれにもコンパウンドが均等に粗密なく充填される。

なお、本発明でいう第1成形型は、少なくとも成形ダイ32、下コア35および下パンチ37によって構成される。勿論、第1成形型に、上コア34、上パンチ36を加えても良い。

ここで、コンパウンドを充填する際に、仮に、成形ダイ32、下コア35および下パンチ37が高温（エポキシ樹脂の軟化点以上の温度）であった場合、コンパウンド中のエポキシ樹脂が軟化、溶融してキャビティC1の壁面32aや壁面35aに付着する。その結果、キャビティC1の上部入口が部分的に閉塞状態になって、コンパウンドのスムーズな充填が妨げられる。このような事態が特に発生し易いのは、上記図2（a）のA部若しくはA'部である。これは、粉箱11の進行方向に対しての幅Wが狭いからである。一方、B部等は、壁面32aや壁面35aにコンパウンドが付着等したとしても、粉箱11の移動方向にコンパウ

ンドの入口が実質的に広がっているため、A部等に比較すればコンパウンドが充填され易い。このように、同一リング状のキャビティC1であっても、成形ダイ32等が高温となっていると、コンパウンドの充填のされ方がキャビティC1の位置で異なってしまう。その結果、例えば、上記A部やA'部ではコンパウンドが粗に充填され、B部では密に充填されるといった密度の不均一が生じる。このような密度の不均一は、キャビティC1の幅Wが狭い場合、その後の加振等によっても補正され得るものではないので、本実施例のように、金型温度を低温（エポキシ樹脂の軟化点未満の温度）に保持しておくことが非常に有効となる。

次に、こうしてキャビティC1に充填されたコンパウンドを圧縮成形した。この圧縮成形は、先ず、図1に示すように、コア駆動装置20により上コア34と下コア35とを当接させる。そして、パンチ駆動装置21によって上パンチ36と下パンチ37とを接近させて、キャビティC1内のコンパウンドを上下方向から加圧する。こうして、素形体（粉末成形体）を得た（粉末成形工程）。なお、このときの成形圧力は、70MPaとした。また、キャビティC1へのコンパウンドの充填から素形体が得られるまでに合計で5秒要した。

（2）潤滑剤付与工程

上記秤量充填工程後に得られた素形体を第1成形装置30のキャビティC1から取出した。そして、この素形体を混合潤滑剤に2秒浸漬した。使用した混合潤滑剤は、固体潤滑剤およびポリアルキルグリコールを順に2：98の質量比で配合し混合したものである。なお、表1に示した試験片No. 8については、この潤滑剤付与工程を行わずに、秤量充填工程後、次の配向工程を直接行った。固体潤滑剤比は1～30程度で利用できる。

（3）配向工程

配向工程は、図3に示す第2成形装置50を用いて行った。

この第2成形装置50は、加熱源51を備え中央に貫通した成形孔53をもつ筒状の成形ダイ52と、この成形孔53の軸芯上方に延びる円柱状の上コア54と、成形孔53の軸芯下方に延びて上コア54の下端面に当接し得る円柱状の下コア55と、上コア54または下コア55の外周面と成形孔53の内周面との間に形成された筒状のキャビティC2の上側に位置する円筒状の上パンチ56と、

このキャビティ C 2 の下側に位置する筒状の下パンチ 5 7 と、上パンチ 5 6 の上端側に固定された上パンチ基部 5 8 と、下パンチ 5 7 の下端側に固定された下パンチ基部 5 9 と、上コア 5 4 および下コア 5 5 を相互に近接させて加圧するコア駆動装置 6 0 と、上パンチ基部 5 8 および下パンチ基部 5 9 を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置 6 1 と、さらに配向磁場装置 4 0 とからなる。

ここで配向磁場装置 4 0 は、成形ダイ 5 2 を中心に軸方向に対向して形成された電磁コイル 4 1、4 2 からなる。そして、成形ダイ 5 2、上パンチ 5 6 および下パンチ 5 7 は非磁性材料で、上コア 5 4、下コア 5 5、上パンチ基部 5 8 および下パンチ基部 5 9 は磁性材料からなる。そして、配向磁場装置 4 0 の電磁コイル 4 1、4 2 から出た磁力線は、それらの磁性材料を通過して、キャビティ C 2 の中央付近から外周側に向けて放射状に向きを変え、再び各電磁コイル 4 1、4 2 に戻る。この磁気回路の形成により、キャビティ C 2 にはラジアル方向の磁場が形成されて、各磁石粉末はラジアル配向される（図 5 参照）。

ところで、上記第 2 成形装置 5 0 のキャビティ C 2 に、上記混合潤滑剤を浸透させた素形体を載置し、加熱、配向および圧縮成形を施して予備成形体を製造した。まず、加熱は、金型温度：140℃で 5 秒間保持して行った。これにより、コンパウンド中のエポキシ樹脂は軟化および溶融状態となった。そして、エポキシ樹脂の粘性が最も低下する前後から、配向磁場装置 4 0 によって配向磁場を 3 秒間印加した。続いて、196 MPa で圧縮成形して予備成形体を得た（予備成形工程）。これらの各工程の間、金型温度は 140℃で一定とした。また、キャビティ C 2 へ素形体を移送してから予備成形体を得られるまでに、合計で 10 秒要した。なお、本発明でいう第 2 成形型は、本実施例の場合、成形ダイ 5 2、上コア 5 4、下コア 5 5、上パンチ 5 6 および下パンチ 5 7 により構成される。

（４）緻密結合工程

緻密結合工程は、図 4 に示す第 3 成形装置 7 0 を用いて行った。

この第 3 成形装置 7 0 は、中央に貫通した成形孔 7 3 をもつ筒状の成形ダイ 7 2 と、この成形孔 7 3 の軸芯上方に延びる円柱状の上コア 7 4 と、成形孔 7 3 の軸芯下方に延びて上コア 7 4 の下端面に当接し得る円柱状の下コア 7 5 と、上コア 7 4 または下コア 7 5 の外周面と成形孔 7 3 の内周面との間に形成された筒状

のキャビティ C 3 の上側に位置する円筒状の上パンチ 7 6 と、このキャビティ C 3 の下側に位置する筒状の下パンチ 7 7 と、上パンチ 7 6 の上端側に固定された上パンチ基部 7 8 と、下パンチ 7 7 の下端側に固定された下パンチ基部 7 9 と、上コア 7 4 および下コア 7 5 を相互に近接させて加圧するコア駆動装置 8 0 と、上パンチ基部 7 8 および下パンチ基部 7 9 を相互に近接させて加圧するパンチ駆動装置 8 1 とからなる。

ところで、上記第 3 成形装置 7 0 のキャビティ C 3 に、上記予備成形体を載置して、加熱圧縮成形を施してボンド磁石成形体を製造した。この加熱圧縮成形は、金型温度：150℃、成形圧力：784MPa として、5 秒間保持して行った。これにより、前記予備成形体はより緻密化されエポキシ樹脂が硬化して、寸法精度の高いボンド磁石成形体となった。なお、キャビティ C 3 への予備成形体を移送してからボンド磁石成形体を得られるまでに、合計で 8 秒要した。

なお、本発明でいう第 3 成形型は、本実施例の場合、成形ダイ 7 2、上コア 7 4、下コア 7 5、上パンチ 7 6 および下パンチ 7 7 により構成される。また、本実施例では、秤量充填工程から配向工程、配向工程から緻密結合工程への移送は、各成形体をカセットに保持させて自動的に移送させた。

(5) その他

上記ボンド磁石成形体に対して、エポキシ樹脂を十分に硬化させるために、150℃の炉中に 30 分間入れて熱硬化処理を施した。

さらに、この処理後のボンド磁石成形体に対して、内周側を S 極、外周側を N 極とする 8 磁極の着磁を等間隔で施した。この着磁は、パルス着磁の条件で、35 kAT の起磁力で行った。こうして、図 5 に示すようなラジアル配向した 8 磁極のリング状ボンド磁石が得られた。

(試験片の測定)

こうして得られた各リング状ボンド磁石について、磁気特性を測定した。その結果を表 1 に併せて示した。磁気特性は、ボンド磁石の周方向に沿って表面磁束を連続的に測定して求めた。表 1 は、そのときの表面磁束の最大値と、この最大値と表面磁束の最小値との差である表面磁束の変動幅を示した。

(比較例)

比較例として、前記特許文献2（特開平10-22153号公報）に示した2段成形により実施例と同様のリング状ボンド磁石を製造し、その磁気特性を測定した結果を表1に併せて示した。なお、この比較例は、金型温度：140℃のキャビティへコンパウンドを充填し、同温度で予備成形を行ったものである。

(その他の実施例)

その他の実施例として、上記秤量充填工程中の金型温度を60℃として、試験片No. 4と同様のボンド磁石を製造した。その磁気特性を測定した結果を表2に示した。なお、表2には、比較のために、試験片No. 4および試験片No. C4についても併せて示した。

(評価)

(1) 表1の試験片No. 3～7と試験片No. C3～7とを比較すると、表面磁束の最大値には大差がないものの、表面磁束の変動幅は大きく異なった。すなわち、実施例のものは表面磁束のバラツキが全周に渡って非常に小さく、磁気特性が均一なものであった。これに対し、比較例のものは、そのバラツキが非常に大きいものであった。特に、リング状ボンド磁石の厚さ(W)が小さくなる程その傾向が強く、例えば、試験片No. C3のものは、試験片No. 3のものに対して、そのバラツキが約10倍にもなっている。逆に言えば、実施例の場合、磁気特性のバラツキを従来の約1/10に抑止できたことになる。

さらに、試験片No. C1、C2を観れば明らかなように、相対幅比が4以下の薄肉ボンド磁石の場合、従来の製造方法ではそもそもその成形自体ができなかった。これに対し、実施例の試験片No. 1、2のように、本発明の製造方法を採用した場合は、割れ等を生じることなく、薄肉ボンド磁石の成形が何ら問題なく行えた。しかも、試験片No. 1、2の場合も、磁気特性のバラツキは非常に小さいものであった。

もっとも、試験片No. C7を観れば解るように、相対幅比が20程度まで拡大してくると、コンパウンドの充填通路が確保されて、表面磁束の変動幅も小さ

くなっている。

また、試験片No. 7と試験片No. 8とを比較すれば解るように、潤滑剤付与工程を行うことで、表面磁束の変動幅に変化はないものの、表面磁束が向上することが明らかとなった。ちなみに、本発明者の研究に依ると、この潤滑剤付与工程を行うことで、表面磁束が5～10%向上することが明らかとなっている。

(2) 表2の試験片No. 8を観れば解るように、上記秤量充填工程中の金型温度が60℃であっても、金型温度が30℃のときと大差なくボンド磁石の成形が行えた。さらに、それらのボンド磁石の磁気特性も大差がないことが確認できた。このことから、熱硬化性樹脂（エポキシ樹脂）の軟化点（97℃（加熱混練後））より金型温度が小さい限り、本発明の製造方法は十分に効果を発揮すると考えられる。

表1

試験片 No.	ボンド磁石の内径 (キャビティの内径) (mm)	ボンド磁石の厚み (W) (mm)	相対幅比 (W/d) (mm)	表面磁束の 最大値 (mT)	表面磁束の変動幅 (最大値-最小値) (mT)	備考
実施例	1	Φ29.6	0.2	2	1.5	3段成形 秤量充填中の 金型温度:30℃ 試験片No. 8 :潤滑剤付与工程なし
	2	Φ29.2	0.4	4	2.0	
	3	Φ28.6	0.7	7	3.0	
	4	Φ28.0	1.0	10	2.5	
	5	Φ27.6	1.2	12	2.5	
	6	Φ27.0	1.5	15	2.5	
	7	Φ26.0	2.0	20	3.0	
	8	Φ26.0	2.0	20	3.0	
比較例	C1	Φ29.6	0.2	2	成形不能	2段成形 秤量充填中の 金型温度:140℃
	C2	Φ29.2	0.4	4	↑	
	C3	Φ28.6	0.7	7	150	
	C4	Φ28.0	1.0	10	220	
	C5	Φ27.6	1.2	12	250	
	C6	Φ27.0	1.5	15	280	
	C7	Φ26.0	2.0	20	320	

ボンド磁石の外径: Φ30mm×高さ: 20mm
コンパウンドの平均粒径d: 0.1mm

表2

試験片 No.	秤量充填中の 金型温度 (°C)	表面磁束の 最大値 (mT)	表面磁束の変動幅 (最大値-最小値) (mT)	備考
実施例	4	30	230	3段成形
	8	60	225	
比較例	C4	120	220	2段成形

ボンド磁石の外径: $\phi 30\text{mm}$ 内径 $\phi 28\text{mm}$ 高さ: 20mm (厚み $W:1\text{mm}$)
 コンパウンドの平均粒径 $d:0.1\text{mm}$
 相対幅比 $(W/d):10$

請求の範囲

1. 異方性磁石粉末と熱硬化性樹脂とからなるコンパウンドを、壁面温度が該熱硬化性樹脂の軟化点未満であるキャビティに秤量充填する秤量充填工程と、

該秤量充填されたコンパウンドまたは該コンパウンドの粉末成形体を該軟化点以上に加熱し該熱硬化性樹脂を軟化状態または熔融状態としつつ、配向磁場を印加して該異方性磁石粉末を配向させる配向工程と、

該配向工程後に、該異方性磁石粉末および該熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、該配向した異方性磁石粉末を該熱硬化性樹脂によって緻密に結合させたボンド磁石成形体とする緻密結合工程と、

を備えることを特徴とするボンド磁石の製造方法。

2. 前記秤量充填工程のキャビティの最小幅 (W) は、前記コンパウンドの平均粒径 (d) に対する相対幅比 (W/d) が 1 ~ 15 であるクレーム 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

3. 前記秤量充填工程は、前記コンパウンドを内部に蓄えて底部が開口した粉箱を、前記キャビティの開口上を水平移動させる工程であり、

前記最小幅 (W) は、該粉箱の移動方向に沿ったものであるクレーム 2 に記載のボンド磁石の製造方法。

4. 前記秤量充填工程のキャビティは有底円筒状であり、該キャビティの内外周の半径差が前記最小幅 (W) であるクレーム 2 に記載のボンド磁石の製造方法。

5. 前記秤量充填工程のキャビティは有底円筒状であり、該キャビティの内外周の半径差が前記最小幅 (W) であるクレーム 3 に記載のボンド磁石の製造方法。

6. 前記秤量充填工程は、前記キャビティに充填されたコンパウンドを圧縮成形して前記配向工程に供される前記粉末成形体とする粉末成形工程を含むクレーム

1 に記載のボンド磁石の製造方法。

7. 前記配向工程は、さらに、前記配向した異方性磁石粉末および前記熱硬化性樹脂を加熱圧縮成形して、前記緻密結合工程に供する予備成形体とする予備成形工程を含むクレーム 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

8. 前記秤量充填工程は、第 1 成形型で行い、
前記配向工程は、該第 1 成形型とは別の第 2 成形型で行い、
前記緻密結合工程は、該第 1 成形型および該第 2 成形型とは別の第 3 成形型で行うクレーム 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

9. 前記秤量充填工程は、第 1 成形型で行い、
前記配向工程は、該第 1 成形型とは別の第 2 成形型で行い、
前記緻密結合工程は、該第 1 成形型および該第 2 成形型とは別の第 3 成形型で行うクレーム 6 に記載のボンド磁石の製造方法。

10. 前記秤量充填工程は、第 1 成形型で行い、
前記配向工程は、該第 1 成形型とは別の第 2 成形型で行い、
前記緻密結合工程は、該第 1 成形型および該第 2 成形型とは別の第 3 成形型で行うクレーム 7 に記載のボンド磁石の製造方法。

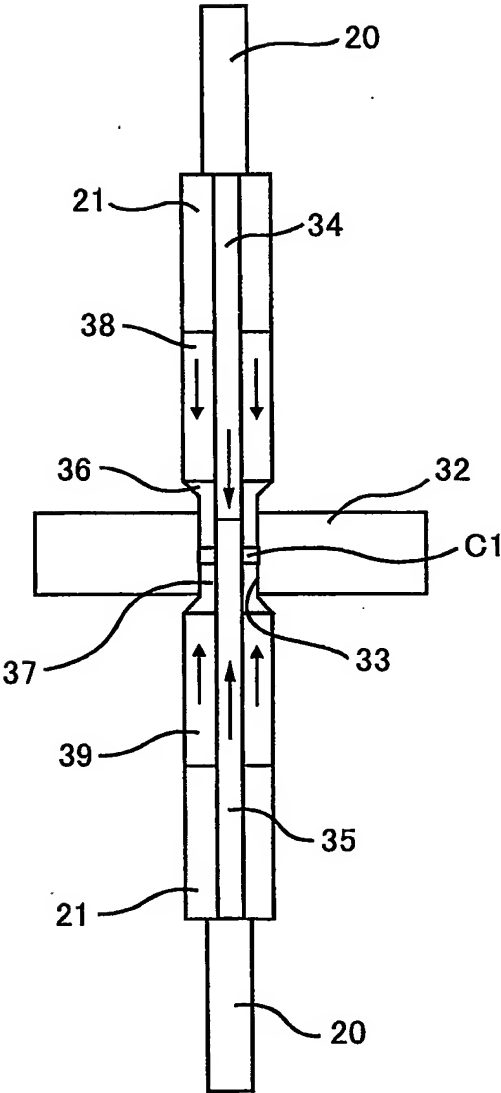
11. 前記配向工程前に、前記秤量充填工程後に得られた粉末成形体の少なくとも表面へ潤滑剤を付与する潤滑剤付与工程を備えるクレーム 1 に記載のボンド磁石の製造方法。

12. 前記潤滑剤は、オイル中に固体潤滑剤を混合した混合潤滑剤であるクレーム 11 に記載のボンド磁石の製造方法。

13. 前記オイルは、少なくとも前記配向工程の加熱中に変質せず、前記異方性

磁石粉末の磁気特性を劣化させない化合物であるクレーム 1 2 に記載のボンド磁石の製造方法。

図 1



30

図 2

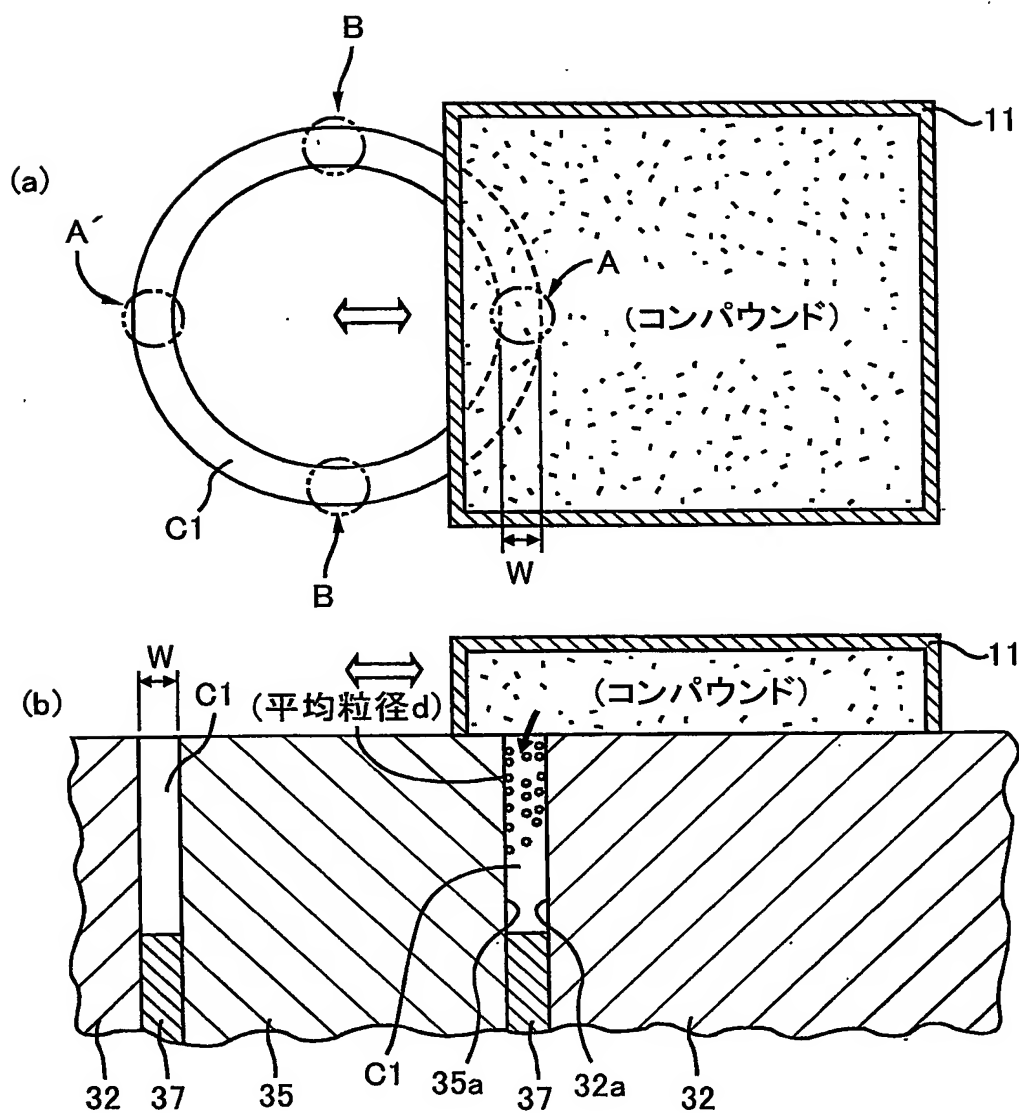


図 3

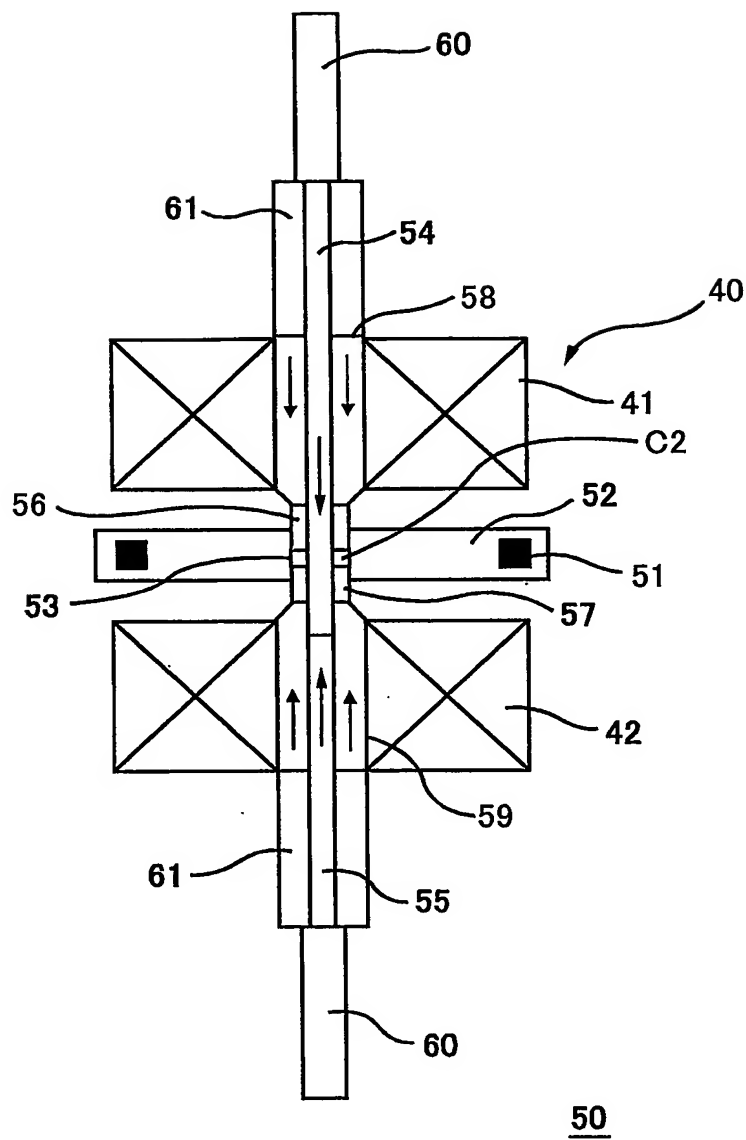


図 4

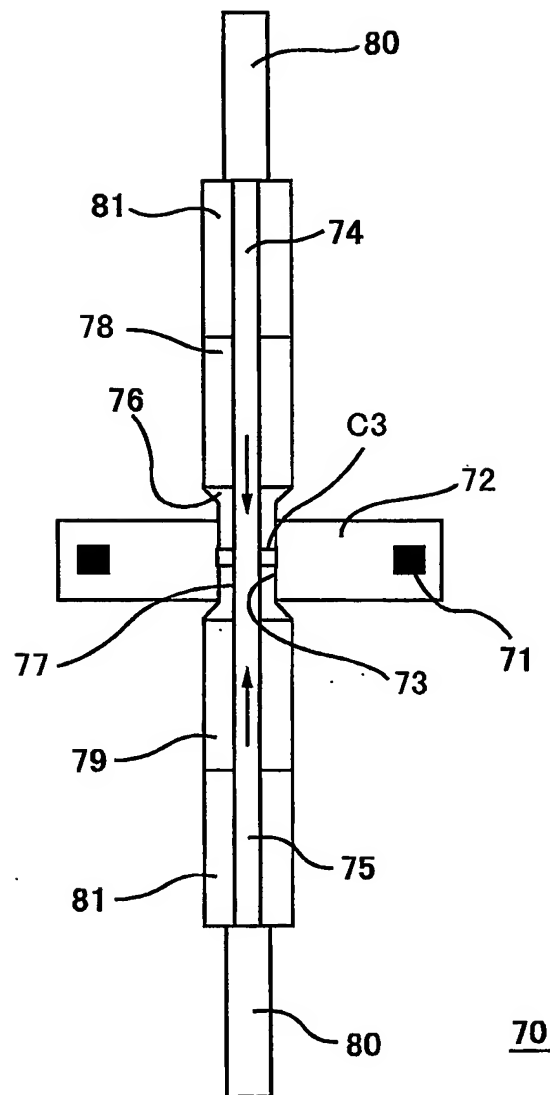
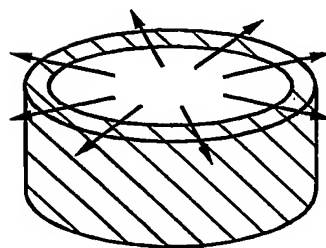


図 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006013

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01F41/02, 1/08, B22F3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01F41/02, 1/08, B22F3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-22153 A (Aichi Steel Works Ltd.), 23 January, 1998 (23.01.98), Claims & GB 2314799 A & DE 19728418 A & CN 1173028 A & US 5886070 A1	1-13
Y	JP 8-167513 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 25 June, 1996 (25.06.96), Par. No. [0046] (Family: none)	1-13
Y	WO 03038845 A1 (Sumitomo Special Metals Co., Ltd.), 08 May, 2003 (08.05.03), Full text; all drawings & JP 2003-203818 A	2-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 July, 2004 (16.07.04)Date of mailing of the international search report
10 August, 2004 (10.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006013

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-312230 A (Sumitomo Special Metals Co., Ltd.), 02 December, 1997 (02.12.97), Claim 1; Par. No. [0041] (Family: none)	6
Y	JP 9-129465 A (Daido Steel Co., Ltd.), 16 May, 1997 (16.05.97), Claim 1; Par. No. [0015] (Family: none)	11-13
Y	JP 2003-59030 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 28 February, 2003 (28.02.03), Par. No. [0036] (Family: none)	12, 13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 41/02, 1/08, B22F 3/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 41/02, 1/08, B22F 3/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-22153 A (愛知製鋼株式会社) 1998. 01. 23, 【特許請求の範囲】 & GB 2314 799 A & DE 19728418 A & CN 117 3028 A & US 5886070 A1	1-13
Y	JP 8-167513 A (住友金属工業株式会社) 1996. 06. 25, 【0046】 (ファミリーなし)	1-13
Y	WO 03038845 A1 (住友特殊金属株式会社) 2003. 05. 08, 全文, 全図 & JP 2003-203	2-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 07. 2004

国際調査報告の発送日

10. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5R

8835

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	818 A	
Y	JP 9-312230 A (住友特殊金属株式会社) 1997. 12. 02, 【請求項1】、【0041】 (ファミリー なし)	6
Y	JP 9-129465 A (大同特殊鋼株式会社) 1997. 05. 16, 【請求項1】、【0015】 (ファミリー なし)	11-13
Y	JP 2003-59030 A (富士写真フイルム株式会社) 2003. 02. 28, 【0036】 (ファミリーなし)	12, 13